

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Ossi Reijonen

IKKUNOIDEN PERUSPARANTAMISEN MENETELMÄT JA
VAIKUTUS TALON ENERGIA TEHOKKUUTEEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6801

Tekijä(t)
Ossi Reijonen

Nimeke
Ikkunoiden perusparantamisen menetelmät ja vaikutus talon energiatehokkuuteen

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia mahdollisuudet ja menetelmät kaksilasisten ikkunoiden perusparantamiseen, pääasiassa energiatehokkuuden kasvattamiseen. Työn tarkoituksena oli myös tutkia, kuinka ikkunoiden perusparannus vaikuttaa energiatehokkuuteen ja asumisviihtyvyyteen.

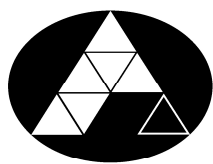
Ikkunoiden perusparantamisen selvitys tehtiin tutkimalla aihetta käsittelevää kirjallisuutta ja hyödyntämällä kokemuspohjaista tietoa. Esimerkkikohteeseen liittyvä tutkimus tehtiin tutustumalla kohteeseen ja suunnittelemalla ikkunoiden perusparannus lasitusliikkeen tehtäväksi. Kohde on 1960-luvulla rakennettu omakotitalo, johon on 90-luvulla vaihdettu kaksilasiset ikkunat, jotka kohteen omistajat halusivat päivittää energiatehokkaimmiksi.

Tehtyjen suunnitelmien perusteella kohteeseen tehtävä ikkunoiden perusparantaminen parantaisi ikkunat lähelle uusien ikkunoiden tasoa. Vertailemalla syntyvään lämmitysenergian säästöön toimenpiteen kustannukset olisivat kohtuulliset. Työn perusteella ikkunoiden perusparannus on kannattava toimenpide

Kieli
suomi

Sivuja
32

Asiasanat
ikkuna, energiatehokkuus, perusparannus



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2011
Degree Programme in
Construction Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
p. +358 (013) 260 6801

Author(s)

Ossi Reijonen

Title

Methods to Renovate Windows and The Effect in Energy Efficiency

Abstract

The purpose of this study was to explore the possibilities and methods to improve double glazed windows, mainly to increase their energy efficiency. The purpose was also to examine how the renovated windows affect energy efficiency and the comfort of living.

The study was made by examining literature and by using the experiential knowledge. The renovation was planned for a detached house made in the 1960s.

According to the plans, renovated windows would be nearly as energy efficient as new ones. The cost would be reasonable when compared to the savings in heating costs.

Language
Finnish

Pages
32

Keywords

window, energy efficiency, improvement

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	4
1.1	Tausta.....	4
1.2	Työn tavoite ja raja.....	4
2	Ikkunoiden osat, kehitys ja ikkunatyypit.....	5
2.1	Ikkunan osat.....	5
2.2	Ikkunatyypit.....	6
2.3	Ikkunoiden kehitys.....	7
3	Ikkunan lämpötekkinen toiminta ja vauriot.....	8
3.1	Lämmön siirtyminen ikkunassa.....	8
3.2	Lämmöneristävyys.....	9
3.3	Ikkunoiden vauriotekijät.....	9
4	Ikkunan perusparannus	11
4.1	Kuntoarvio	12
4.2	Ikkunan huolto	13
4.3	Ikkunan korjaus	13
4.4	Perusparannuksen vaikutus ikkunan U-arvoon ja asumisviihtyvyyteen	13
5	Eristyslaselementti.....	14
5.1	Välilista.....	15
5.2	Täytekaasu	15
5.3	Lasi	16
5.4	Lämpölaselementin valinta ja asentaminen	16
6	Tulokset	18
6.1	Esimerkkikohteen tiedot	18
6.2	Perusparannuksessa käytettävät menetelmät	19
6.3	Tilanne ennen perusparannusta.....	20
6.3.1	Lämmönläpäisykerroin.....	20
6.3.2	Sisäpinnan lämpötila.....	22
6.3.3	Ikkunoiden ominaislämpöhäviö.....	23
6.4	Perusparannuksen vaikutus ikkunoihin	24
6.4.1	Vaikutus lämmönläpäisykertoimeen.....	24
6.4.2	Vaikutus sisäpinnan lämpötilaan.....	26
6.4.3	Vaikutus ikkunoiden ominaislämpöhäviöön.....	27
6.4.4	Vaikutus energiankulutukseen	28
7	Perusparannuksen kannattavuus	29
7.1	Perusparannuksen kustannukset	29
7.2	Perusparannuksen takaisinmaksuaika.....	29
8	Johtopäätökset.....	30
	Lähteet.....	31

1 Johdanto

1.1 Tausta

Suomessa on paljon taloja, joiden ikkunat ovat teknisesti vanhentuneet ja energiatehokkuudeltaan sekä toiminnallisesti huonoja. Ikkunoilla on suuri merkitys talon vaipan energiahäviöille. Vuoden 2007 määräysten mukaan rakennetussa talossa ikkunoiden ominaislämpöhäviön osuus kaikista rakenneosista on yli 20 %, joten talon energiatehokkuutta parannettaessa ovat ikkunat ensimmäisiä kohteita joihin puuttua. Ikkunoilla on myös vaikutusta asumisviihtyvyyteen vetoisuuden ja lasien pintalämpötilojen kautta. Vanhat ikkunat ovat monesti hyväkuntoisia johtuen laadukkaista materiaaleista ja hyvästä työn laadusta. Ikkunaremonttia suunniteltaessa on vanhojen ikkunoiden perusparantaminen varteenotettava vaihtoehto ikkunoiden uusimiselle, mikäli ikkunat ovat kuntoaan riittävän hyvät ja halutaan säilyttää alkuperäinen ulkoasu.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

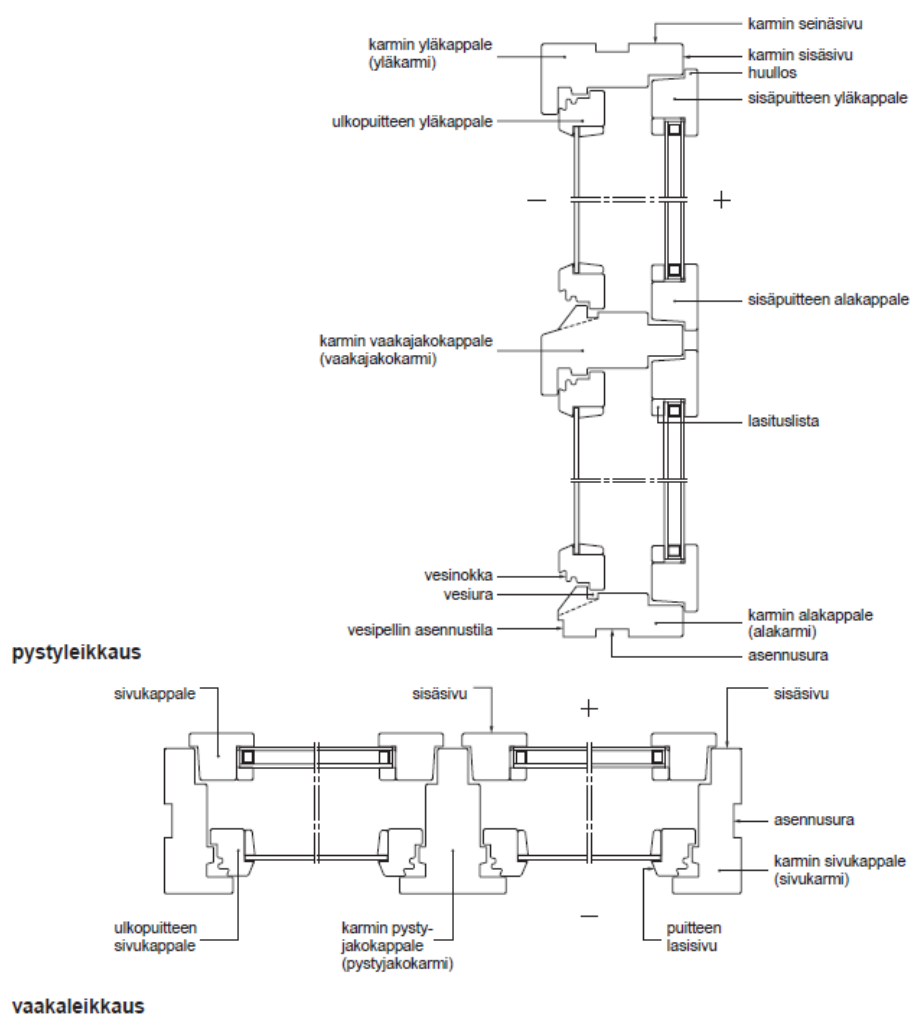
Käsittämäni kaksilasisen ikkunan perusparantaminen sisältää ikkunan kunnostamisen, tiivistyksen uusimisen, sekä sisäpuutteen lasin korvaamisen umpiolasielementillä eli eristyslasilla. Esitän perusparannuksen työmenetelmät sekä eri lasitusvaihtoehtojen vaikutusta ikkunan energiatehokkuuteen.

Esimerkkikohteena on 60-luvun omakotitalo, jossa on kaksilasiset ikkunat. Suunnittelin kohteeseen ikkunoiden perusparantamisen ja laskin ikkunoiden energiatehokkuuden ennen ja jälkeen parannuksen. Tutkin perusparannuksen kannattavuutta sekä laskin perusparannuksen jälleenmaksuajan.

2 Ikkunoiden osat, kehitys ja ikkunatyypit

2.1 Ikkunan osat

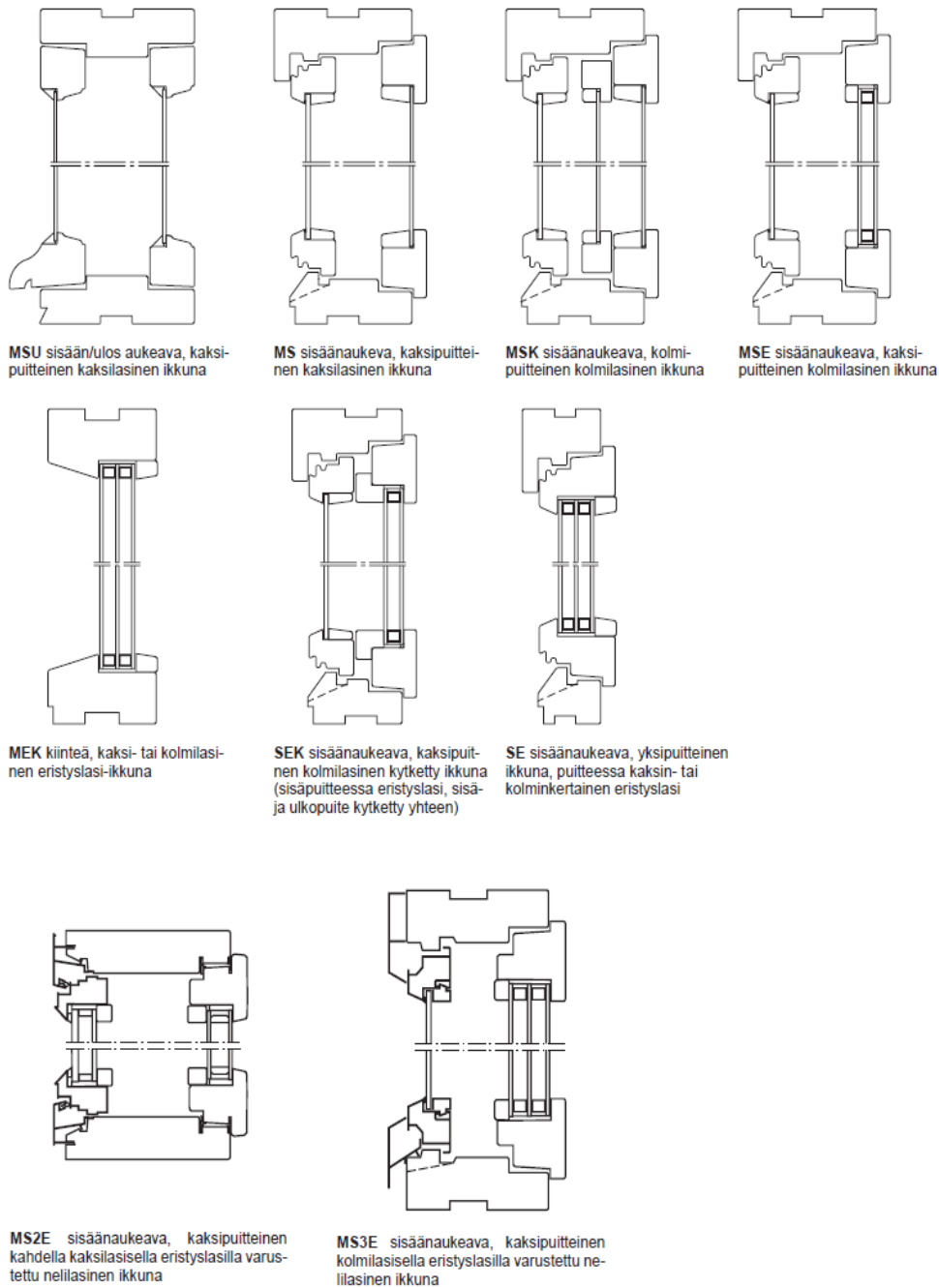
Tyypillinen ikkuna koostuu karmista, kahdesta tai useammasta puitteesta sekä lasituksesta. Ikkunan osat on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ikkunan osien nimityksiä. (RT-41-10947)

2.2 Ikkunatyypit

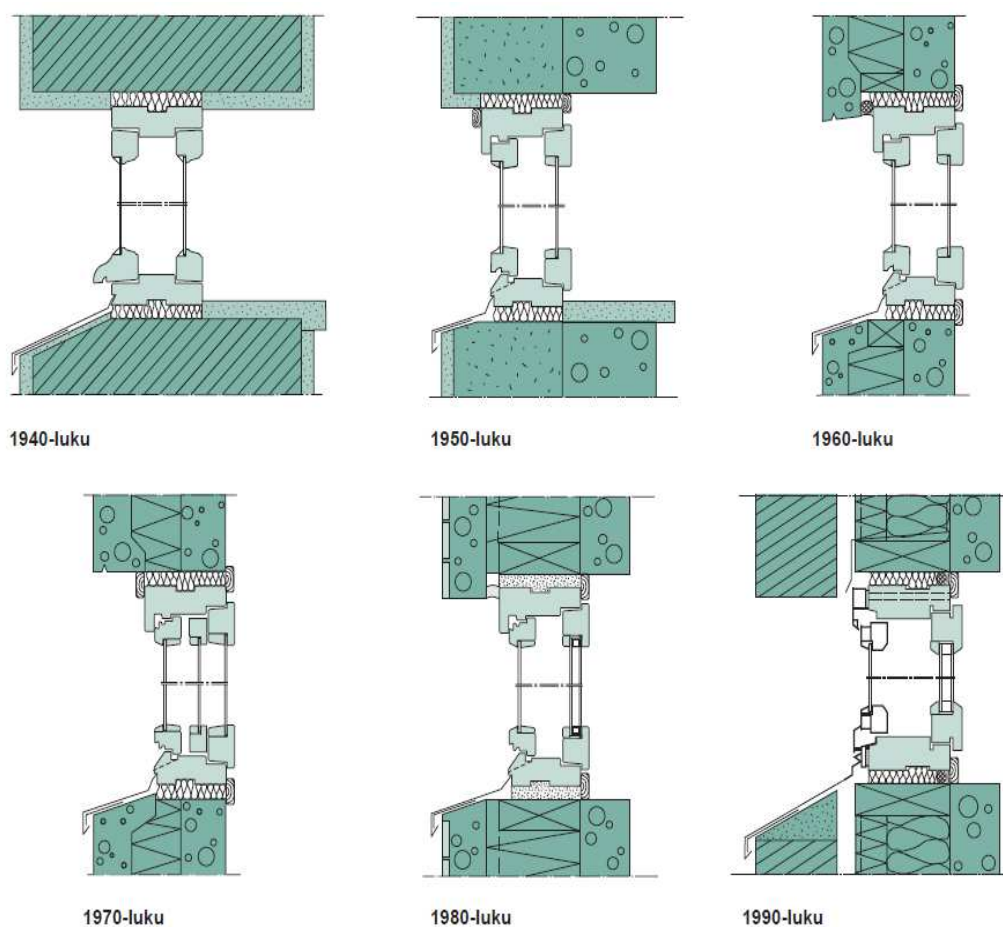
Ikkunatyypeistä puhuttaessa käytetään ikkunan puitteiden ja lasien lukumäärän perusteella määrättyjä lyhenteitä. Ikkunatyypien lyhenteet ovat esitettyinä kuvassa 2.



Kuva 2. Ikkunan poikkileikkauksen mukaan voidaan ikkunoista käyttää ikkunoiden puitteiden ja lasien lukumäärän perusteella kuvassa esitettyjä lyhenteitä (RT 41-10947).

2.3 Ikkunoiden kehitys

Ikkunat pientaloissa ovat olleet 1960-luvulle saakka pääasiassa kaksilasisia sisään ja ulos avautuvia tai sisäänpäin aukeavia puuikkunoita. Sisäänpäin aukeavia, pääosin sivusaranoituja MS-ikkunoita on käytetty 1960-luvulta lähtien. Kun Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittä vuonna 1975 lämpimien tilojen ikkunan valoaukon lämmönläpäisykertoimeksi $2,1 \text{ W/m}^2$, tulivat uudisrakentamisessa käyttöön kolmilasiset ja kolmipuitteiset MSK-ikkunat. 1980- ja 1990-luvulla tulivat kolmilasiset ja kaksipuitteiset MSE-ikkunat, joissa on kaksi puitetta ja sisimmässä puitteessa on kaksilasin eristyslasi. Lämmöneristävyysvaatimusten yhä kiristyessä ovat 2000-luvulla yleistyneet ikkunat, joissa on eristyslasi sekä sisä- että ulkopuitteessa (MS2E) tai kolmilasin eristyslasi sisäpuitteessa (MS3E). (Hemmilä & Saarni, 2001) Tyypillisimmät ikkunat aikakaudelleen on esitetty kuvassa 3.



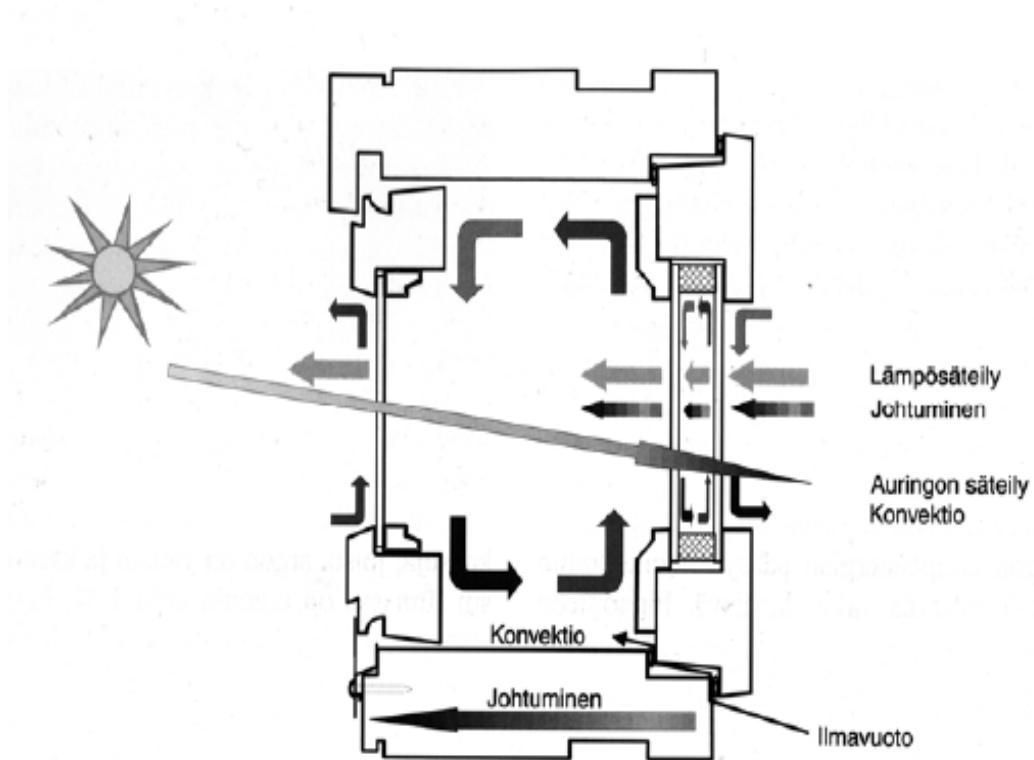
Kuva 3. Tyypillisiä ikkunarakenteita eri vuosikymmeniltä (RT 41-10726).

3 Ikkunan lämpötekniinen toiminta ja vauriot

3.1 Lämmön siirtyminen ikkunassa

Ikkunasta siirtyy lämpöä sekä sisälle että ulos. Ulos siirtyvä lämpö aiheuttaa lämpöhukkaa ja sisälle tuleva auringonsäteily on ilmaista lämpöä. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 22)

Lämpö siirtyy ikkunan läpi huonetilasta johtumalla lasissa, kaasussa sekä karmi- ja puiterakenteessa, säteilemällä lasipinnalta toiselle sekä konvektiolla eli virtaavan kaasun mukana (kuva 4). Lämmöneristävyttä voidaan parantaa vähentämällä lämmön siirtymistä millä tahansa näistä siirtymismuodoista ja paras tulos saavutetaan, kun näihin kaikkiin osa-alueisiin vaikutetaan kaikissa ikkunan osa-alueissa. (Hemmilä, 2008, 8.)



Kuva 4. Lämmön siirtyminen ikkunan läpi (Hemmilä ja Saarni, 2001, 22).

3.2 Lämmöneristävyys

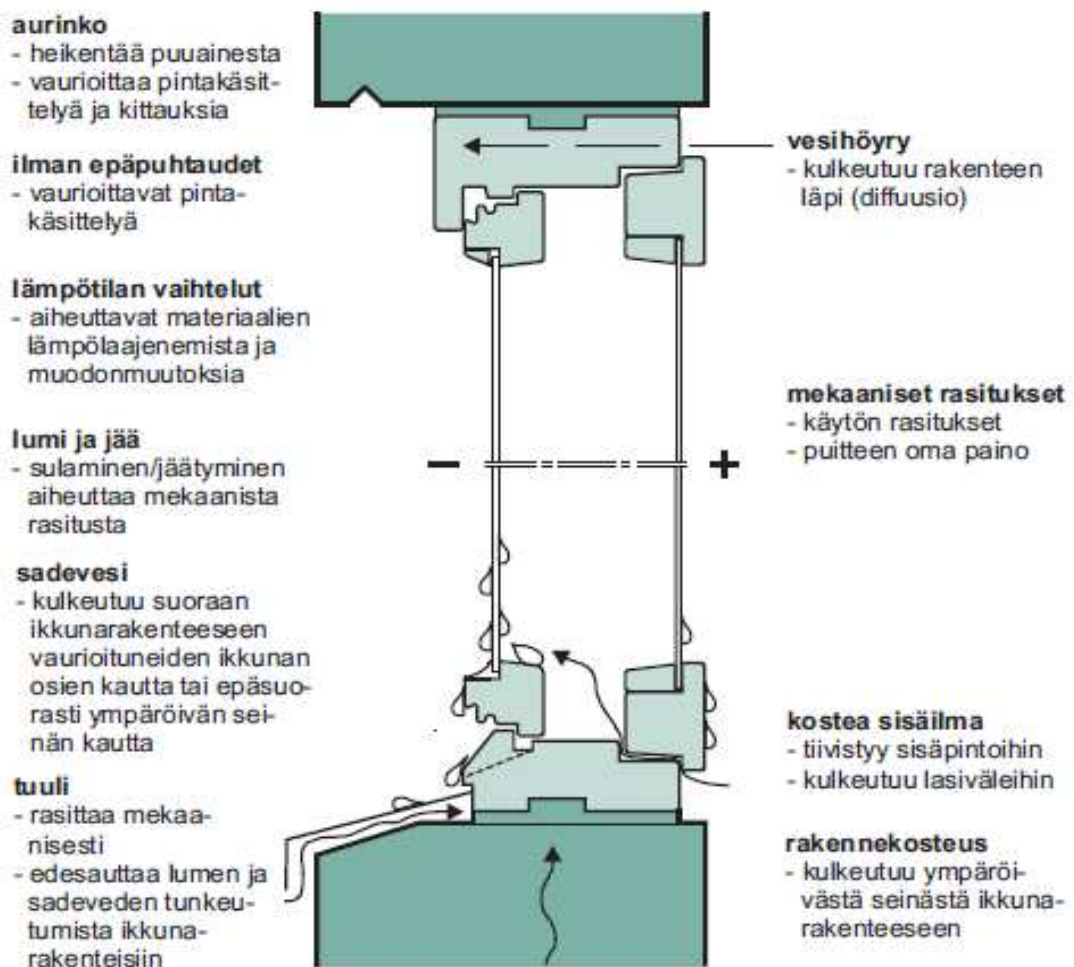
Ikkunan lämmöneristävyys ilmaistaan sen käänteisarvon, lämmönläpäisykertoimen avulla. Tämä arvo (U-arvo) on sitä pienempi, mitä parempi ikkunan lämmöneristävyys on. Arvo kuvaa ikkunan läpi kulkevan lämpötehon suuruutta pinta-alayksikköä ja pintojen välillä vaikuttavan lämpötilaeron astetta kohden. Arvon yksikkö on W/m^2K . Ikkunan lämmöneristävyys perustuu pääasiassa lasien välisten kaasukerrostojen lämmöneristävyyteen. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 21-22). Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 ikkunan lasiosan lämmönläpäisykertoimen määritelty enimmäisarvo uudisrakentamisessa on $1,0 W/m^2K$. Korjausrakentamisessa sovelletaan niitä määräyksiä, jotka olivat voimassa kiinteistön rakentamisen aikaan.

3.3 Ikkunoiden vauriotekijät

Ikkunoita eniten rasittavat tekijät ovat säiden vaihtelut kuten sade ja auringonsäteily, joten suurimmat rasitukset kohdistuvat etelä- ja länsijulkisivujen ikkunoihin. Kosteusrasituksia ikkunoihin aiheuttaa sateen lisäksi ikkunan sisäpintoihin mahdollisesti tiivistyvä sisäilman kosteus. Uudisrakentamisessa kosteusrasitusta voi aiheuttaa ikkunoiden huolimaton varastointi sekä seinien rakennusaikainen kosteus. Kosteus aiheuttaa puuosien homehtumista, lahoamista, halkeilua ja turpoamista, pinnoitteiden vaurioitumista, metallin korroosiota sekä lasituskittauksen halkeilua. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 19-20)

Auringon ultraviolettisäteily voi haurastuttaa ja haalistuttaa ikkunan materiaaleja. Auringon lämmittäessä ikkunaa siihen kohdistuu lämpöliikkeitä ja -jännityksiä. Lämpö myös nopeuttaa materiaalien, kuten kitin ja muovin vanhentumista. Aurinko kuivattaa puuosia, josta voi seurata pinnan halkeilua. Syntyneistä halkeamista puuosiin pääsee sateella kosteutta. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 20-21)

Ikkunoihin kohdistuu myös mekaanisia rasituksia, joita aiheuttavat tuuli, ikkunoiden omapaino sekä ikkunoiden käyttäminen. Tuuli rasittaa saranoiden ja lukkojen kiinnitysruuvin tartuntaa puuhun. Suurissa, avattavissa ikkunoissa ikkunan omapaino voi aiheuttaa nurkkaliitoksen ja saranoiden vaurioitumista. Ikkunan varomaton avaaminen ja sulkeminen voi aiheuttaa vaurioita nurkkaliitoksiin, lukkoihin ja lasiin. Kuvassa 5 esitetään ikkunoihin kohdistuvat rasitukset ja niiden vaikutus ikkunaan. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 21)



Kuva 5. Tyypillisimmät ikkunoiden rasitukset (RT 41-10726).

4 Ikkunan perusparannus

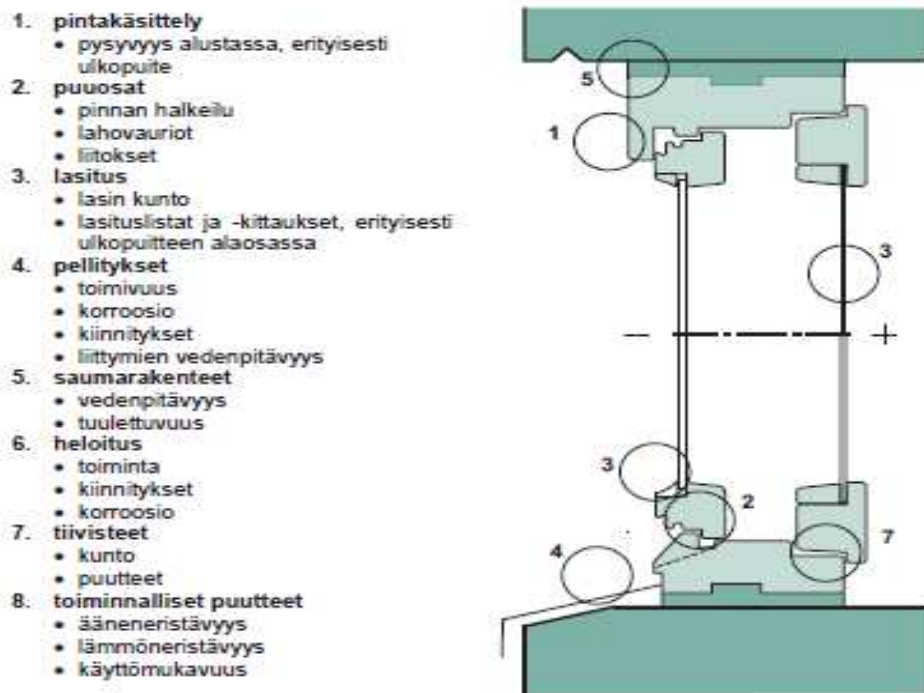
Kun halutaan parantaa ikkunoiden lämmöneristävyyttä, ääneneristävyyttä ja toiminallisuutta ovat vaihtoehtoina uusien ikkunoiden asentaminen tai vanhojen ikkunoiden perusparantaminen. Jos ikkunoiden karmit ja puitteet ovat hyväkuntoiset tai korjattavissa ja laadukkaasti valmistetut on niiden säilyttäminen järkevää, sillä siten säilytetään rakennuksen alkuperäinen ulkoasu. Erityisesti perusparantaminen on järkevää, jos ikkunat ovat normaalista poikkeavat tai arvokkaat, kuten arvokkaasta puulajista valmistetut ikkunat tai hyvin vanhat ikkunat.

Perusparannettavien kaksilasisten ikkunoiden lämmöneristävyyttä voidaan parantaa korvaamalla sisäpuitteen lasi eristyslaselementillä, uusimalla ikkunan tiivistys sekä parantamalla ikkunan karmin ja seinärakenteen välistä lämmöneristystä. Samoilla toimenpiteillä paranee ääneneristävyys, jota voidaan vielä parantaa asentamalla paksumpi lasi ulkopuitteeseen. Ensimmäisen työvaiheen tulee olla ikkunoiden kuntoarvio, jossa selvitetään ikkunoiden korjaustarve sekä perusparannuksen kannattavuus. Ikkunan huollon ja korjauksen yhteydessä sisäpuitteeseen asennetaan eristyslaselementti, jonka valinnalla voidaan vaikuttaa ikkunan energiatehokkuuteen. Lopuksi ikkunat tiivistetään huomioiden talon ilmanvaihtojärjestelmä.

Eristyslaseille myönnettävä takuu valmistus- ja materiaalivirheiden varalle on yleisesti viisi vuotta. Kokemuksen perusteella huolellisesti valmistetut eristyslaseit kestävät yli 20 vuotta.

4.1 Kuntoarvio

Kuntoarvio tehdään ikkunakohtaisesti ja sen perusteella tehdään yhteenveto tarvittavista korjaustoimenpiteistä ja niiden laadusta. Vauriotapauksessa on selvittettävä vaurion syy, ja korjaustapa on valittava siten, että vastaavan vaurion uusiutuminen estetään. Kuntoarviossa selvittettävät kohdat ovat puu- ja lasiosien vauriot, pintakäsittelyssä olevat viat, kittaus ja listoitukset, helat ja saranat, vesipellitys, ikkunoiden toimivuus sekä ikkunoiden tiiviys. (Tulla, 1982, 17-27) Kuntoarviossa tarkastettavat kohdat esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kuntoarviossa tutkittavat kohdat (RT 41-10726)

4.2 Ikkunan huolto

Säilyäkseen toimintakuntoisina ikkunat vaativat säännöllistä huoltoa. Perusparannuksen yhteydessä voi hyväkuntoisten ikkunoiden kohdalla pelkkä perusteellinen huolto olla riittävä toimenpide. Huoltotoimenpiteitä ovat maalipinnan huoltokorjaus, lasituslistojen ja kittausten kunnossapito, tiivisteiden kunnossapito, helojen huolto, löystyneiden saranoiden ja kulmaliitosten kiristäminen sekä saranoiden ja pitkäsalpojen öljyminen. (Tulla, 1982, 29-30; RT 41-10726)

4.3 Ikkunan korjaus

Pahasti vaurioituneiden ikkunoiden korjaus perusparannuksen yhteydessä ei kohoavien kustannuksien vuoksi ole järkevää. Perusparannuksen yhteydessä korjattavia kohteita ovat vaurioituneen maalipinnan korjaus, lasivaurioiden korjaus, vaurioituneiden kittausten tai lasituslistojen korjaus ja tiivistyksen uusiminen.

4.4 Perusparannuksen vaikutus ikkunan U-arvoon ja asumisviihtyvyyteen

Ikkunan perusparantaminen vaikuttaa valoaukon lämmönläpäisykertoimeen parantavasti. Eristyslasin asentamisella voidaan pienentää kaksilasisen MS-ikkunan lämmönläpäisykerroin tasolta 2,5 W/m²K jopa tasolle 1,1 W/m²K. Näin suuri parannus edellyttää selektiivilasin ja argonin käyttöä välikaasuna. (Hemmilä ja Saarni, 2001, 19)

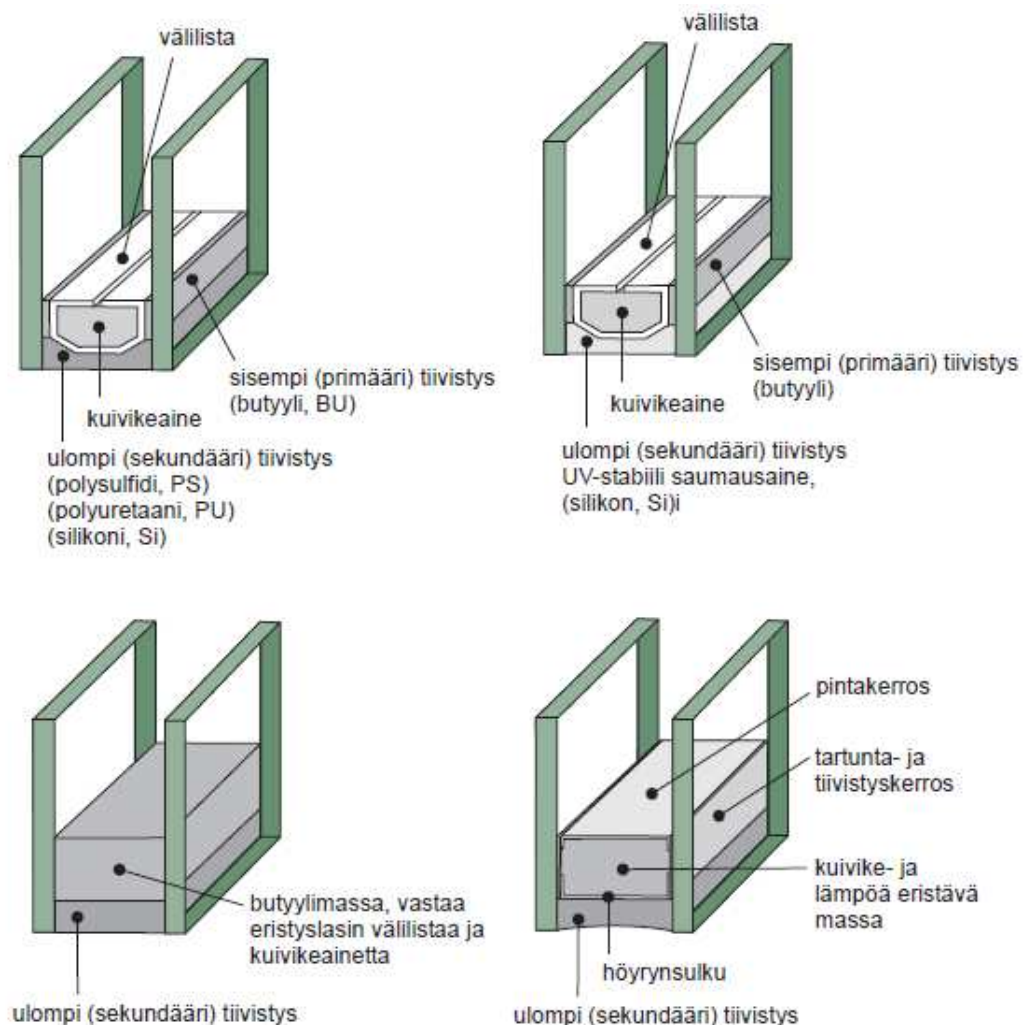
Eristyslasin asentaminen nostaa lasin sisäpinnan lämpötilaa huomattavasti. Tällöin mahdollinen kosteuden tiivistyminen lasin sisäpintaan vähenee ja vedon tunne vähenee.

Tiivistyksen parantaminen vähentää ilmapuotoja, joten lämpöhäviöt konvektion kautta sekä epämiellyttävä vedon tunne vähenee. Asumisviihtyvyys paranee myös ääneneristävyyden parantumisen myötä.

5 Eristyslaselementti

Eristyslasi on elementti, jossa on liimattu kaksi tai useampia lasilevyjä kaasutiiviisti välilistakehään. Eristyslasin rakenteita on esitetty kuvassa 7. Välilistat tiivistetään koskeuden pääsyn estämiseksi lasien välitilaan ja tiivistys muodostaa joustavan sidoksen lasille ja välilistalle. (RT-38-10941)

Käsittelen ikkunoiden perusparannuksissa käytettävän kaksilasisen eristyslasin ominaisuuksia. Kaksilasisen eristyslasin lämmöneristävyyteen vaikuttaa sen lasivälin paksuus, energiansäästölasiin pinnoitteiden emissiviteetit, välitilassa käytettävä täytekaasu sekä välilistan materiaalin lämmönjohtavuus (RT-38-10941).



Kuva 7. Eristyslasin rakennemalleja (RT-38-10941).

5.1 Välilista

Yleisimmin käytetyt välilistan paksuudet ovat 9, 12, 15 ja 18 mm ja materiaalit alumiini ja ruostumaton teräs. Alumiinin lämmönjohtavuus on 150-200 W/mK ja ruostumattoman teräksen vastaavasti 17 W/mK. Alumiinin suuren lämmönjohtavuuden haittana on siitä aiheutuva huono eristyslasin reuna-alueen lämmöneristävyys. Ruostumattoman teräksen suuremman lujuuden vuoksi voidaan siitä valmistettu lista tehdä seinämiltään jopa 50 % alumiinista ohuemmaksi, jolloin reuna-alue jää ohuemmaksi ja valo-aukko suuremmaksi. Nykyään käytetäänkin pääosin ruostumattomasta teräksestä valmistettuja välilistoja. Metallisten listojen ohella on kehitetty muun muassa muovista valmistettuja ja termoplastisesta polymeerista lasien väliin pursotettavia listoja. Näillä saavutetaan parempi reuna-alueen lämmöneristävyys kuin metallisilla listoilla. Välitilan täytekaasuna käytetään ilmaa, argonia sekä krypton. (RT-38 10941; Hemmilä 2008, 8.)

5.2 Täytekaasu

Eristyslasin lämmöneristävyys perustuu suurilta osin lasien välisen täytekaasun lämmöneristävyyteen. Lasien välitilassa täytekaasuna on käytetty ilmaa, argonia, krypton tai ksenonia. Näillä kaasuilla on parempi lämmönjohtavuus kuin ilmalla. Argonin lämmönjohtavuus eli λ -arvo on 0,01772 W/mK, kryptonin 0,00943 W/mK ja ksenonin 0,00565 W/mK. Käytännössä ilman lisäksi käytetään argonia, koska ksenon ja krypton ovat harvinaisuutensa vuoksi kalliita. (RT-38 10941)

5.3 Lasi

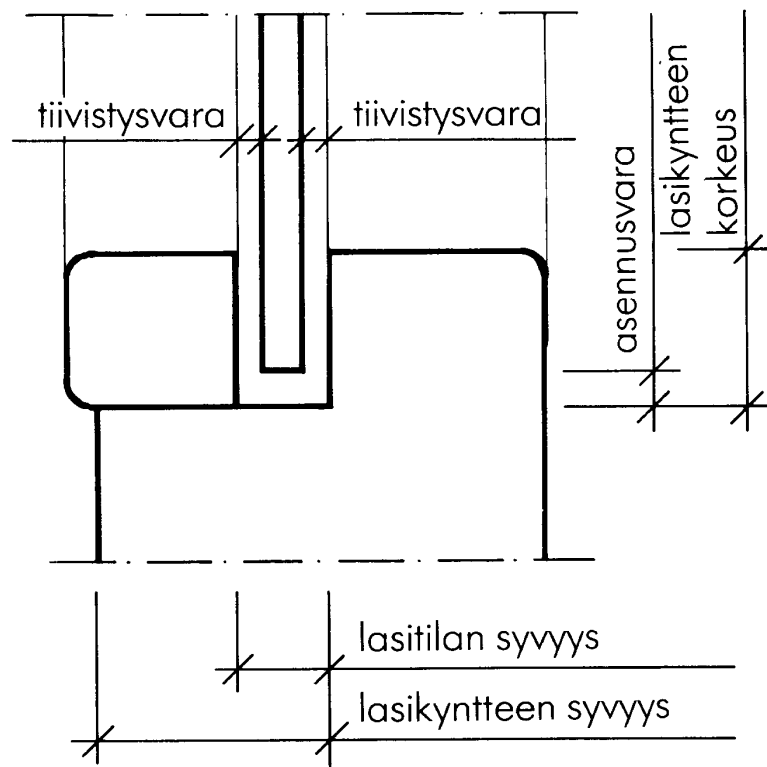
Normaaleissa ikkunoissa käytettävän lasin paksuus on yleisemmin kolme tai neljä millimetriä. Lasin normaalin lämmönjohtavuus eli λ -arvo on 1,0 W/mK. Käyttämällä eristyslasin yhdessä lasipinnassa energiansäästölasia eli selektiivilasia voidaan eristyslasin lämmöneristävyyttä parantaa huomattavasti. Selektiivilasissa on lasinpinnan emissiivisyyttä pienennetty metallioksidikerroksilla. Tämän ansiosta pitkäaaltoisesta, sisältäpäin heijastuvasta lämpösäteilystä vain osa läpäisee selektiivilasin.

Eristyslasissa selektiivilasin sijainnilla ei ole merkitystä, mutta huonon pesunkestävyytensä takia metallioksidipinnoitteen tulee sijaita välitilaan rajoittuvalla pinnalla. (RT-38 10941)

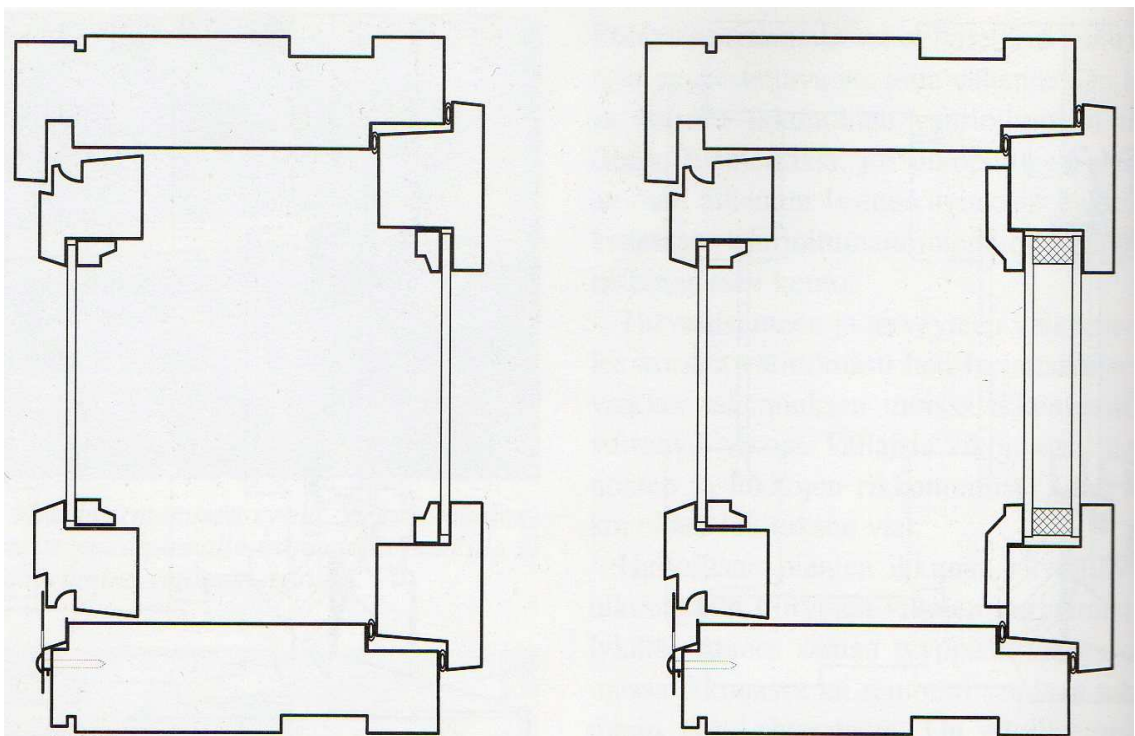
5.4 Lämpölaselementin valinta ja asentaminen

Eristyslaselementin paksuus muodostuu kahdesta lasista ja välilistasta. Sisäpuutteen paksuus sekä lasikyntteen syvyys määrää asennettavan eristyslasin paksuuden. Kovin paksua elementtiä ei usein saada asennettua, joten välilistan leveydeksi on mielekästä valita 9 tai 12 mm ja lasin paksuudeksi kolme millimetriä.

Ohuempi lasi vähentää myös eristyslasin painoa merkittävästi. Monissa vanhemmissa puitteissa voi lasikyntte olla riittävän syvä eristyslasille ja uusimmissa kaksilasisissa ikkunoissa on huomioitu lämpölaselementin myöhempi asennus ja lasikyntte on riittävän syvä. Tässä tapauksessa lasituslista joudutaan vaihtamaan kapeammaksi. Jos lasikyntte on ohut, eikä kiinnityslistalle jää varaa, on mahdollisuutena syventää kyntettä esimerkiksi jyrsimällä tai käyttää lasin kiinnitykseen kulmalistaa. Eristyslasi on hieman yli kaksi kertaa raskaampi kuin alkuperäinen lasi, joten saranoiden kestävydestä tulee varmistua. Kuvassa 7 esitetty on lasin asennukseen liittyviä käsitteitä. Kuvassa 8 on esitetty sisäpuutteen lasin vaihtaminen eristyslasiksi.



Kuva 7. Lasin asennukseen liittyviä käsitteitä. (RT 41-10434)



Kuva 8. MS-ikkunan sisäpuutteen lasin vaihtaminen eristyslasiksi (Hemmilä ja Saarni, 2001, 48)

6 Tulokset

6.1 Esimerkkikohteen tiedot

Esimerkkikohteenä on 60-luvulla rakennettu, Pohjois-Karjalan Liperissä sijaitseva omakotitalo, johon suunnittelen lasitusliikkeen tehtäväksi ikkunoiden perusparannuksen. Taloon on 90-luvulla vaihdettu kaksilasiset MS-ikkunat. Talossa on sähkölämmitys ja painovoimainen ilmanvaihto. Ikkunat vastaavat muuten kuin lasitukseltaan aikakautensa ikkunoita, joten sisäpuutteen lasituskynte on mitoitettu eristyslasille. Puuosiltaan, lasitukseltaan ja toiminnallisuudeltaan ikkunat ovat hyvässä kunnossa, eikä niille tarvitse tehdä kuin kevyet huoltotoimenpiteet. Ikkunoita on yhteensä 14 kappaletta. Ikkunoiden mitat ovat esitetty taulukossa 1.

Yli kymmenen vuotta vanha tiivistys on syytä uusida työn yhteydessä, koska tiivisteiden materiaali kovenee ja haurastuu vanhetessaan.

Ikkunoissa on ollut havaittavissa ajoittaista kosteuden tiivistymistä sisälasiin, joten eristyslasin nostaessa lasin sisäpinnan lämpötilaa, ongelma poistunee.

Taulukko 1. Ikkunoiden mitat

Ikkuna nro.	Valoaukko [mm]		Karmin ulkoreunat [mm]	
	leveys	korkeus	leveys	korkeus
1	1005	880	1200	1120
2	310	880	500	1120
3	780	880	960	1120
4	310	880	500	1120
5	780	880	960	1120
6	310	880	500	1120
7	1005	880	1200	1120
8	310	880	500	1120
9	780	880	960	1120
10	310	880	500	1120
11	1105	1245	1300	1530
12	300	1245	500	1530
13	1105	1245	1300	1530
14	300	1245	500	1530

6.2 Perusparannuksessa käytettävät menetelmät

Koska ikkunat ovat melko uudet ja sisäpuutteen lasikynte on mitoitettu eristyslasille ollessaan 30 mm, voidaan eristyslasista tehdä 21 millimetrinen käyttäen 15 mm:n välistä ja kolmen mm:n lasia. Tällöin lasituslistalle jää tilaa yhdeksän millimetriä, mikä on riittävästi.

Sisäpuitteet irrotetaan ja niistä poistetaan yksinkertainen lasitus, tarkistetaan saranoinnin kunto ja varmistetaan sen kestävyydestä painon kasvaessa.

Lasituskynte puhdistetaan vanhasta kitistä tai silikonista ja puitteet lasitetaan eristyslaseilla käyttäen puitteen ja lasin välisenä tiivistyksenä lasitussilikonია. Lasituksen kiinnitys viimeistellään lasituslistoilla.

Puitteet kiinnitetään takaisin paikoilleen ja uusitaan tiivistys. Koska kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto, on korvausilman saanti varmistettavalla asentamalla karmeihin korvausilmaventtiilit tai jättämällä ikkunoiden tiivistykseen riittävät aukot.

6.3 Tilanne ennen perusparannusta

6.3.1 Lämmönläpäisykerroin

Lasketaan kohteen alkuperäisen puurakenteisen kaksilasisen ikkunan nro. 1 lämmönläpäisykerroin.

- Karmin ulkoreunan mitat ovat 1200 x 1120 mm².
- Valoaukon mitat ovat 1005 x 880 mm².
- Karmin paksuus on 150 mm ja korkeus on 80 mm.
- Sisäpuitteen leveys on 45 mm ja korkeus on 40 mm.
- Ulkopuitteen leveys on 40 mm ja korkeus on 40mm.
- Lasivälin leveys on 120 mm ja lasin paksuus on kolme millimetriä.

Valoaukon lämmönläpäisykerroin U_g lasketaan kaavalla (1).

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{sj}} \quad (1)$$

jossa $R_{si} + R_{se}$ on sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa.
 λ_j on lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j lämmönjohtavuus, $W/(m \cdot K)$.
 R_{sj} on lasivälin j lämmönvastus $(m^2 K)/W$.
 d_j on lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j paksuus, m .
 (RakMk C4)

$$U_g = \frac{1}{0,17 \frac{m^2 K}{W} + \frac{2 * 0,003 m}{1,0 W/mK} + 0,174 m^2 K/W} = 2,857 W/m^2 K$$

Kehän lämmönläpäisykerroin U_f lasketaan kaavalla (2).

$$U_f = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \frac{\beta * d}{\lambda_n}} \quad (2)$$

jossa d on karmi- ja puiteosan keskimääräinen paksuus, m .
 λ_n on karmi- ja puiteaineen normaalin lämmönjohtavuus.
 β on todellisuudessa moniulotteisen lämpövirtauksen huomioon ottava korjauskerroin, 0,7.
 $R_{si} + R_{se}$ pintavastusten summa.
 (RakMk C4)

$$d = \frac{80mm * 150mm + 40mm * 85mm}{80mm + 40mm} = 128,3mm$$

$$U_f = \frac{1}{0,17 m^2 K/W + \frac{0,7 * 0,1283m}{0,12 W/mK}} = 1,08 W/m^2 K$$

Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin U_w lasketaan kaavalla (3).

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (3)$$

jossa A_g on valoaukon pinta-ala, m^2 .
 U_g on valoaukon lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$.
 A_f on karmi- ja puiteosan projektiopinta-ala ikkunan lasituksen tasossa, m^2 .
 U_f on karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin $W/(m^2K)$.
 l_g on valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsillan pituus, m .
 ψ_{sig} on valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi, $W/(mK)$.
 (RakMk C4)

$$U_w = \frac{0,884 \, m^2 * 2,857 \, W/m^2K + (1,334m^2 - 0,884m^2) * 1,08 \, W/m^2K}{1,2m^2 * 1,12m^2} \\ = 2,24 \, W/m^2K$$

6.3.2 Sisäpinnan lämpötila

Lasketaan ikkunan sisäpinnan lämpötila t_{sp} kaavalla (4) , kun sisäilman lämpötila on 20 °C ja ulkoilman lämpötila on -20 °C.

$$t_{sp} = t_i - \frac{R_{si}}{R_T} (t_i - t_e) \quad (4)$$

jossa t_{sp} on sisäpinnan lämpötila.
 t_i on sisäilman lämpötila.
 t_e on ulkoilman lämpötila.
 R_{si} on sisäpuolinen pintavastus.
 R_T on lämmönvastus.
 (RakMk C4)

$$t_{sp} = 20^{\circ}C - \frac{0,13 \text{ m}^2K/W}{\frac{1}{2,857 \text{ W/m}^2K}} (20^{\circ}C - (-20^{\circ}C)) = 5,14^{\circ}C$$

6.3.3 Ikkunoiden ominaislämpöhäviö

Ikkunoiden ominaislämpöhäviö kuvaa ikkunoiden läpi johtuvaa lämpöenergiaa yhden asteen lämpötilaerossa. Ominaislämpöhäviön arvoa tarvitaan laskettaessa lämpöenergiankulutusta.

Lasketaan alkuperäisten ikkunoiden ominaislämpöhäviö. Ikkunoiden yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla (5).

$$H = \Sigma U_w * A_w \quad (5)$$

jossa H on ikkunoiden ominaislämpöhäviö.
 U_w on ikkunan lämmönläpäisykerroin.
 A_w on ikkunan pinta-ala.
 (RakMk D5)

$$H_w = 30,78 \text{ W/K}$$

6.4 Perusparannuksen vaikutus ikkunoihin

Laskennalliset vaikutukset ikkunoiden ominaisuuksiin, kun ikkunat lasitetaan eristyslaselementillä.

6.4.1 Vaikutus lämmönläpäisykertoimeen

Lasketaan saman, perusparannetun ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin vertailemalla eri lasitusvaihtoehtoja.

Vaihtoehto 1: Eristyslasi, jossa on tavalliset lasit ja täytekaasuna ilma.

$$U_g = \frac{1}{0,17 \frac{m^2 K}{W} + \frac{3 * 0,003 m}{1,0 W/mK} + 0,174 \frac{m^2 K}{W} + 0,186 m^2 K/W} = 1,86 W/m^2 K$$

Vaihtoehto 2: Eristyslasi, jossa toisena lasina on selektiivilasi, jonka emissiviteetti 0,16 ja täytekaasuna ilma.

$$U_g = \frac{1}{0,17 \frac{m^2 K}{W} + \frac{3 * 0,003}{1,0 W/mK} + 0,174 \frac{m^2 K}{W} + 0,407 m^2 K/W} = 1,32 W/m^2 K$$

Vaihtoehto 3: Eristyslasi, jossa toisena lasina on selektiivilasi, jonka emissiviteetti 0,04 ja täytekaasuna argon.

$$U_g = \frac{1}{0,17 \frac{m^2 K}{W} + \frac{3 * 0,003}{1,0 W/mK} + 0,174 \frac{m^2 K}{W} + 0,707 m^2 K/W} = 0,94 W/m^2 K$$

Valitaan lasitusvaihtoehdoksi vaihtoehto 3, koska tällä ratkaisulla valoaukon lämmönläpäisykerroin saadaan selvästi pienimmäksi. Välilistan materiaali on ruostumaton teräs.

Lasketaan perusparannetun ikkunan nro.1 keskimääräinen lämmönläpäisykerroin kaavalla (3).

$$\begin{aligned} U_w &= \frac{0,884 \text{ m}^2 * 0,94 \text{ W/m}^2\text{K} + (1,334\text{m}^2 - 0,884\text{m}^2) * 1,08 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 3,77\text{m} * 0,05\text{W/mK}}{1,2\text{m}^2 * 1,12\text{m}^2} \\ &= 1,12 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Lasketaan ikkunan nro 1 lämmönläpäisykerroimen muutos.

$$2,24 \text{ W/m}^2\text{K} - 1,12 \text{ W/m}^2\text{K} = 1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Ikkunan U-arvo puolittuu alkuperäisestä, jota voidaan pitää erittäin hyvänä tuloksena.

Tällä lasitusvaihtoehdolla päästään jopa lähelle uudisrakentamisen määräyksiä.

Kaikkien ikkunoiden lämmönläpäisykerroimet ennen ja jälkeen perusparannuksen on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Lämmönläpäisykertoimet ennen ja jälkeen perusparannuksen.

Ikkuna nro	U-arvo ennen [W/m²K]	U-arvo jälkeen [W/m²K]
1	2,24	1,12
2	1,95	1,22
3	2,21	1,15
4	1,95	1,22
5	2,21	1,15
6	1,95	1,22
7	2,24	1,12
8	1,95	1,22
9	2,21	1,15
10	1,95	1,22
11	2,31	1,1
12	1,95	1,21
13	2,31	1,1
14	1,95	1,21

6.4.2 Vaikutus sisäpinnan lämpötilaan

Lasketaan perusparannetun ikkunan sisäpinnan lämpötila kaavalla (4), kun sisäilman lämpötila on 20°C ja ulkoilman lämpötila on -20°C.

$$t_{sp} = 20^{\circ}C - \frac{0,13 \text{ m}^2K/W}{\frac{1}{0,94 \text{ W/m}^2K}} (20^{\circ}C - (-20^{\circ}C)) = 15,11^{\circ}C$$

Lasketaan sisäpinnan lämpötilan muutos.

$$15,11^{\circ}\text{C} - 5,14^{\circ}\text{C} = 9,97^{\circ}\text{C}$$

Koska sisäpinnan lämpötila parani lähes kolminkertaiseksi, voidaan muutosta pitää erittäin hyvänä. Ikkunan lähellä tuntuva vedon tunne vähenee ja lasin sisäpintaan ei tiivisty sisäilman kosteutta yhtä herkästi.

6.4.3 Vaikutus ikkunoiden ominaislämpöhäviöön

Lasketaan perusparannettujen ikkunoiden ominaislämpöhäviö kaavalla (5).

$$H = 16,58 \text{ W/K}$$

Lasketaan ominaislämpöhäviön pienentyminen.

$$30,78 \frac{\text{W}}{\text{K}} - 16,58 \frac{\text{W}}{\text{K}} = 14,2 \text{ W/K}$$

Ikkunoiden yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö lähes puolittui mikä tarkoittaa ikkunoiden lämmöneristävyyden parantuneen lähes puolella.

6.4.4 Vaikutus energiankulutukseen

Lasketaan perusrakennuksen aiheuttama ikkunoiden energiansäästö. Ikkunoiden läpi johtuva lämpöenergia lasketaan kaavalla (6).

$$Q_w = \frac{H_w(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (6)$$

jossa

Q_w on ikkunoiden läpi johtuva lämpöenergia, Kwh .

H_w on ikkunoiden yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö.

T_s on sisäilman lämpötila.

T_u on vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, Säävyöhyke 3.

Δt on ajanjakson pituus.

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuutos kilowattitunneiksi.

(RakMk D5)

$$Q_w = \frac{14,2 \frac{W}{K} (21^{\circ}C - 2^{\circ}C) 8760h}{1000} = 2363Kwh$$

7 Perusparannuksen kannattavuus

7.1 Perusparannuksen kustannukset

Ikkunoiden perusparannuksia toteuttavan lasitusliikkeen hinta-arvio kyseiseen kohteeseen tekemieni suunnitelmieni perusteella on 1200 euroa. Hinta muodostuu materiaali- ja työkustannuksista. Hinta sisältää arvonlisäveron.

7.2 Perusparannuksen takaisinmaksuaika

Arvioidaan verolliseksi sähköhinnaksi 7 snt/kWh . Lasketaan syntyneen energiansäästön perusteella vuotuinen säästö lämmitysenergiassa.

$$2363Kwh * 0,07 \frac{euroa}{kWh} = 165euroa$$

Lasketaan takaisinmaksuaika

$$\frac{1200 \text{ euroa}}{165 \text{ euroa}} \approx 7vuotta$$

8 Johtopäätökset

Esimerkkikohteeseen suoritettujen laskelmien perusteella ikkunoiden perusparantamisella saadaan oikeilla lasitusvalinnoilla vanhoista ikkunoista energiatehokkuudeltaan lähes uuden veroiset. Asumisviihtyvyys lisääntyy pintalämpötilan nousun ja tiiveyden parantumisen myötä vähentyvän vedon tunteen vuoksi sekä äänieristävyyden parantumisessa. Lisäksi säilytetään ikkunoiden alkuperäinen ulkoasu, mikä voi vanhoissa ja erikoisissa ikkunoissa olla hyvinkin tärkeää. Verrattaessa ikkunoiden uusimiseen, pelkkä lasituksen uusiminen on kiinteistön haltijalle vaivattomampaa koska säästytään suuremmilta purkutöiltä.

Esimerkkikohteessa perusparannuksen takaisinmaksuajaksi muodostuu seitsemän vuotta, mikä on kohtuullinen ikkunoiden käyttöikä nähdessä. Kohteen ikkunat eivät vaadi lasituksen uusimisen ja kevyen huollon lisäksi paljon työtä, joten kustannukset pysyvät kohtuullisina.

Lähteet

Hemmilä, K & Saarni, R. 2001. Ikkunaremontti. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Hemmilä, K. 2008. Mahdollisuudet parantaa ikkunoiden lämmöneristävyyttä.

Lasirakentaja 2008 (1). s. 8-15.

Tulla, K. 1982. Ikkunat kuntoon. Rakentajain Kustannus Oy. Helsinki.

RT 41-10947. 2009. Puu ja alumiini ikkunat sekä niiden asennus. Rakennusteollisuus.
Helsinki.

RT 41-10726. 2000. Puuikkunat. Korjausrakentaminen. Rakennusteollisuus. Helsinki.

RT 38-10941. 2008. Eristyslasit. Rakennusteollisuus. Helsinki.

RakMk C4. 2003. Suomen rakennusmääräyskokoelmaC4. Ympäristöministeriö.
Helsinki

RakMk D5. 2003. Suomen rakennusmääräyskokoelma D5. Ympäristöministeriö
Helsinki